



EESTI MAAÜLIKOOL

Tartu Tehnikakolledž

Lauri Mõts

**KUIVATI HAKKPUIDUKATLA VAHETUSE TASUVUS
PÕLLUMAJANDUSETTEVÕTTES**

**GRAIN DRYER BURNER TRANSITION TO WOOD CHIP
FURNANCE PROFITABILITY IN AGRICULTURAL COMPANY**

Rakenduskõrgharidusõppe lõputöö

Biotehnilised süsteemid

Juhendaja: Oliver Sada, PhD

Tartu 2017

Lühikokkuvõte

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Rakenduskõrgharidusõppe töö lühikokkuvõte	
Autor: Lauri Mõts		Õppekava: Biotehnilised süsteemid	
Pealkiri: Kuivati hakkpuidukatla tasuvus põllumajandusettevõttes			
Lehekülgi: 31	Jooniseid: 11	Tabeleid: 6	Lisasid: 0
Osakond: Tartu tehnikakolledž Uurimisvaldkond: Hakkpuidu kasutus kuivatikütusena Juhendaja: Oliver Sada, PhD Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2017			
<p>Eestis kasvava biokütuste resurss on suur, kuid seda kasutatakse üpris vähesel määral, peamiselt ainult asulates ja linnades sooja tootmiseks. Käesolevas lõputöös on käsitletud põllumajandusettevõtte kuivati ehitust ja hakkpuidu kasutamist teravilja kuivatamiseks. Töö on väärtuslik, sest teemat on vähe uuritud ja fossiilsete kütuste kasutamisele otsitakse pidevalt alternatiive. Lisaks ajendas autorit kirjutama isiklik huvi töös käsitletud valdkonna vastu. Eesmärgiks on uurida hakkpuidu kasutamist kuivatikütusena. Töö ülesanneteks on välja selgitada ettevõtte tootmismaht, teraviljakoristusega seotud üksikasjad, teraviljakuivati tehnoloogiline skeem, kuivatis kasutatava kütuse kogus ja hind. Analüüsi koostamiseks vajalikud andmed pärinevad ettevõtte 2014.-2016. aasta majandusaasta aruannetest. Lõputöös kajastatud uuring on plaanis tulevikus ka reaalselt ellu viia, taotledes investeeringutoetust Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ametist (PRIA) vajamineva hakkpuidukatla ja hakkpuiduhoidla ehituseks.</p>			
Märksõnad: hakkpuit, teraviljakuivati, põlevkiviõli			

ABSTRACT

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Professional higher education Thesis	
Author: Lauri Mõts		Speciality: Biosystem Engineering	
Title: Grain dryer burner transition to wood chip furnace profitability in agricultural company			
Pages: 31	Figures: 11	Tables: 6	Appendixes: 0
Department: Tartu Technology College Field of research (and for Master's Thesis add research field code): Wood chips usage as dryer fuel Supervisors: Oliver Sada PhD Place and date: Tartu, 2017			
<i>The growth rate of biofuels that growing in Estonia are high, but less used, mainly to produce heat energy for towns and settlements. The purpose of this study is to examine grain dryer technology and wood chips using in grain drying process in agriculture company. The study is valuable, because subject isn't much investigated and the world is seeking constantly alternatives for fossil fuels. The topic of this study was chosen out of the author's personal interest towards the development of this field. The aim of the project is to investigate wood chips as fuel in grain dryer system. The purpose of the study is find out company grain producing, grain dryer technology schem and currently used shale oil amount and price. The data for study is taken from company annual reports since 2014. – 2016. y. The described action will be implemented in future, considered to apply investment support from Estonian Agricultural Registers and Information Board to buy wood chips burner and build wood chips storehouse.</i>			
Keywords: wood chips, grain dryer, shale oil			

SISUKORD

Lühikokkuvõte.....	2
ABSTRACT	3
SISSEJUHATUS	5
1. Hakkpuidu mõiste, tootmine ja kasutusala.....	7
1.1. Hakkpuidu mõiste definitsioon.....	7
1.2. Hakkpuidu tootmine ja hoiustamine.....	8
1.3. Hakkpuidu põletamise tehnoloogiad	10
1.4. Hakkpuidu ja põlevkivikütteõli võrdlus	13
2. Uuritava ettevõtte kirjeldus ja lähteandmed	15
2.1. Ettevõtte kirjeldus.....	15
2.2. Ettevõtte teravilja tootmismahud ja kasvatavad kultuurid	16
2.3. Ettevõtte teraviljakoristus.....	17
2.4. Teravilja kuivatamine	18
3. Hakkpuidu tehnoloogia arvutused, järeldused ja ettepanekud	21
3.1. Hakkpuiduhoidla suuruse arvutus	21
3.2. Põlevkiviõlilt üleminek hakkpuidule majanduslik võrdlus analüüsi koostamine ja katla võimsuse valik	22
3.3. Järeldused ja ettepanekud	26
KOKKUVÕTE	27
SUMMARY	28
KASUTATUD KIRJANDUS	29
Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks (avaldamise tähtajatu piirang) ning juhendkinnitus töö kaitsmisele lubamise kohta.....	31

SISSEJUHATUS

Energia tootmine ja tarbimine on kaasaegse ühiskonna aluseks. 19. sajandil toimunud tööstusrevolutsiooni tagajärjel kasvas energiatarbimine märgatavalt, seda just taastumatute energiaressursside arvelt.

Teravilja tootmisprotsessi käigus kasutatakse suurtes kogustes fossiilseid kütuseid. Laialdane fossiilsete kütuste kasutamine avaldab tugevat mõju keskkonnale. Tuleb arvestada, et fossiilsete kütuste varusid ei ole lõpmatult.

Tänapäeval oleme jõudnud etappi, kus järjest rohkem tuntakse huvi taastuvate energiaressursside vastu. Üldjuhul on taastumatute energiaressursside kasutamine odavam, kuid alati see nii ei ole.

Eestis toodetak hakkpuit on madala hinna ja väga hea kättesaadavusega. Selle tootmine on keskkonnasäästlik tegevus, kuna toormaterjalina on võimalik kasutada nii kraavipervedel kasvavat võsa, raiejääke, puidust ehitusjäätmek ja kände (Puiduhake).

Euroopa Liit on kehtestanud liikmesriikidele nõude, et aastaks 2020 oleks kogu energiatarbimisest taastuenergia osakaal 20%. Seega tuleks kaaluda kõiki variante selle tingimuse täitmiseks. Tulevikuperspektiivist lähtudes on taastuenergia kasutuselevõtt vajalik planeedi heaolu nimel.

Käesoleva lõputöö eesmärk on uurida hakkpuidu kasutamise võimalusi põllumajandusettevõtte kuivatamisprotsessis ning hinnata, kas ettevõttel on mõistlikum kasutada katlas energiallikana hakkpuitu või jätkata põlevkiviõli kasutamisega.

Töö ülesanneteks on:

1. Kuivati jaoks valida vajaliku võimsusega hakkpuidukatel, mis ühildub olemasoleva kuivatiga;
2. Hakkpuiduhoidla suuruse arvutamine;
3. Põlevkiviõlilt üleminek hakkpuidule majanduslik võrdlus analüüsi koostamine;
4. Kuivati tehnoloogiline skeem.

Uuringu läbiviimisel on kasutatud ühe keskmise suurusega teravilja tootmisega tegeleva ettevõtte andmeid, milleks on kuivatatava teravilja kogus ja kuivatikütusena kasutatava põlevkiviõli hind ja kogus. Uuringu läbiviimisel kasutati 2014.-2016. aasta andmeid.

Töö uudsus aidata valikukriteeriume täpsustada hakkpuidukatla puhul. Koostatud töö on kasulik kõigile keskmise suurusega ettevõtetele, kus kasvatatakse teravilja näiteks 1700. hektaril.

1. Hakkpuidu mõiste, tootmine ja kasutusala

1.1. Hakkpuidu mõiste definitsioon

Hakkpuidu valdkond hakkas arenema 1970. aastate naftakriisi tõttu. Tööstusriigid, mis olid importkütustest sõltuvad, pidid üle vaatama oma taastuvate kütuste varud ning välja arendama tehnoloogia taastuvkütuste tootmiseks. Kasutusele võeti raiejäätmed, seda eeskätt Rootsis ja Soomes. (Pärnsalu 2016: 7)

Tänapäevaks on tahkest biomassist toodetud biokütused tõestanud enda efektiivsust ja taskukohasust. Biokütuste all peetakse silmas kütuseid, mille valmistamisel kasutatakse taimset tooret või loomset päritolu biomassi (Schäfer 2012: 105). Üheks biokütuseks on ka hakkpuit.

Hakkpuit on toode, mis saadud raidmete või võsa purustamise käigus (Kippa jt 2011: 6). Toormena kasutatakse veel küttepuitu ja valgustusraiel saadud kogupuud (Sealsamas: 28). Hakkpuidu kvaliteeti hinnatakse puidu niiskussisalduse, puuliigi, puu enda kvaliteedi, hakkeosakeste suuruse ja hakkes leiduvate võõrkehade (kivid, plastik, muld jne) alusel. Kõik need parameetrid mõjutavad kütteväärtust, tihedust ja tuha osakaalu. (Krajnc 2015: 25)

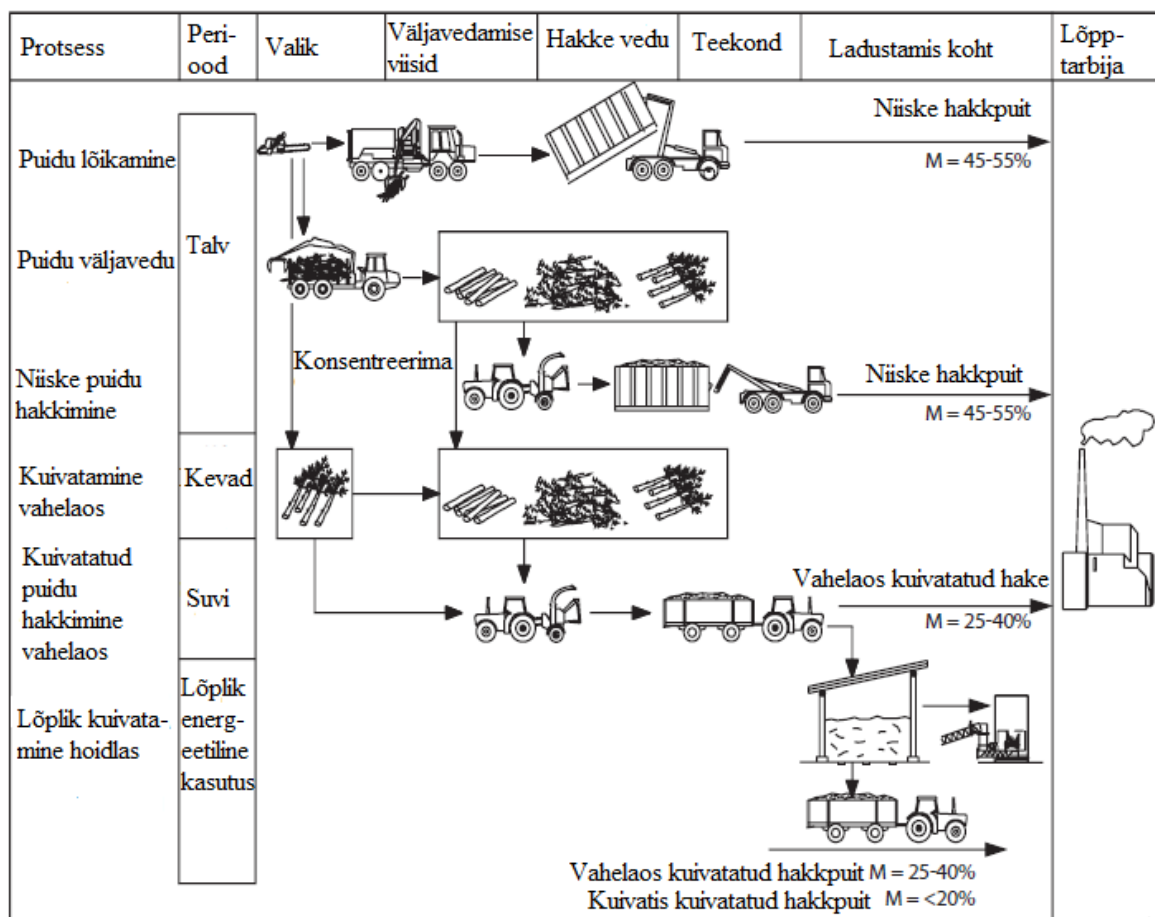
Hakkpuit on hea energiallikas. See on tüüpiline kütteaine põllumajandustaludes (Froripp, Ahokas 2012: 106). Madala hinna ja keskkonnasäästlikkuse tõttu on viimase aastakümne jooksul aina enam leidnud hakkpuit kasutust ka Eesti linnades ja asulates sooja tootmiseks (Sommer 2016: 11).

Hakkpuidu kasutuspind on lai. Seda kasutatakse kütteainena, teeradade katteks, tselluloosi tootmiseks, loomade allapanuks. Lisaks on võimalik hakkpuitu kasutada energiavõsa väetamisel koos reovee puhastamisel tekkinud mudaga (Tooming 2001: 17).

1.2. Hakkpuidu tootmine ja hoiustamine

Hakkpuidu tootmise allikas ei pea tingimata olema mets, materjali hankimiseks sobivad väga hästi põllu- ja teeääred, jõgede kaldad, elektri- ja sideliinide alused alad (Frorip, Ahokas 2012). Hakkpuidu kvaliteet sõltub järgmistest parameetritest: materjali niiskussisaldus, puuliik, hakkeosakeste suurus, puu kvaliteet ja hakkes leiduvad võõrkehad (kivid, pinnas, plastik jne) (FAO 2015).

Majanduslikult kõige tasuvam on tüvesthake. Enim puitmaterjali saadakse valgustusraie korral, mis tööstuslikku kasutust ei leia, kuid seda on sobilik kasutada kütusena. (Kask, Muiste, Vares 2010) Puitmaterjali lõikuseks kasutatakse peamiselt harvesteri või ekskavaatorit, millele on paigaldatud giljotiini põhimõttel töötav lõikeseade. Lõikeseade abil koondatakse tüved kimpudeks. Lõikeseadme tootlikkus tunnis jääb vahemikku 8-20 m³ olenevalt materjali kogusest. Järgmine protsess on tüvede koondamine vahelattu, töö teostatakse metsaveotraktoriga, mille tootlikkus sõltuvalt vahelao kaugusest on 12-20 m³/h. Vahelao all on mõeldud puitmaterjali ladustamise paika. Vahelaoks on kergesti ligipääsetav koht, kus on võimalik teostada puidu hakkimist. Vahelaos toimub puidu esmane kuivatamine, tavaliselt kuivamisele kuluv aeg on 3-4 kuud, mille tagajärjel niiskussisaldus väheneb 25-40 %-ni. Kui soovitud niiskussisaldus on saavutatud, toimub puidu hakkimine. Kasutatakse nii mobiilseid hakkureid kui traktori järelhaakes olevaid. Puiduhakkurite tootlikkus jääb vahemiku 60-100 m³/h. Peale hakkimist toimub hakkpuidu vedu hoidlasse, kus toimub lõplik kuivatamine või vedu otse hakkpuidukatlasse, kui puidu niiskus protsent on põletamiseks sobilik. Hakkpuidu tootmise tehnoloogiline skeem puidu lõikamisest põletamiseni on välja toodud joonisel 1.1. (Wood fuels handbook 2009)



Joonis 1.1. Hakkpuidu tootmise põhimõtte skeem puidu lõikamisest põletamiseni (wood fuels handbook 2009)

Puitmaterjal, mis on mõeldud kasutamiseks keskmise suurusega kateldes, peaks olema enne hakkimist niiskusega alla 30%. (FAO 2015, Wood fuels handbook 2009)

Saavutamaks sellist niiskust, on soovitatav hoida puitmaterjali kolm kuud (kevad-suvisel perioodil) kuivas, tuulises ja päikesepaistelises kohas. Tasub teada, et suletud laos, kus puudub kuivatamisvõimalus, ei tohi puiduhakke niiskussisaldus olla suurem kui 30%. (FAO 2015). Vältida tuleks ka okaste ja lehtedega puude hakkimist, sest see viitab suurele niiskusele, mis põhjustab temperatuuri tõusu ja hallitamist (Wood fuels handbook 2009).

Hakkpuidu hoiustamine toimub puistes, hoiustamiseks on kasutusel kaks variant, kas ehitades spetsiaalse varjualuse päiksepaistelisse ja hästi ventileeritavale kohale (joonis 1.2.), hoidla ventileerimiseks kasutatakse loomulikku ventilatsiooni (Wood fuels handbook 2009).



Joonis 1.2. Hakkpuiduhoidla loomuliku ventilatsiooniga (Wood fuels handbook 2009)

Teise variandina kasutatakse hakkpuidu hoiustamist laoplatsil kattes hakke kile või presendiga (Wood fuels handbook 2009). Selline ladustamine eeldab hakkpuidu minimaalset niiskussisaldust vältimaks riknemist, samuti puistelt pidevalt katte objekti eemaldamist ja uuesti katmist.

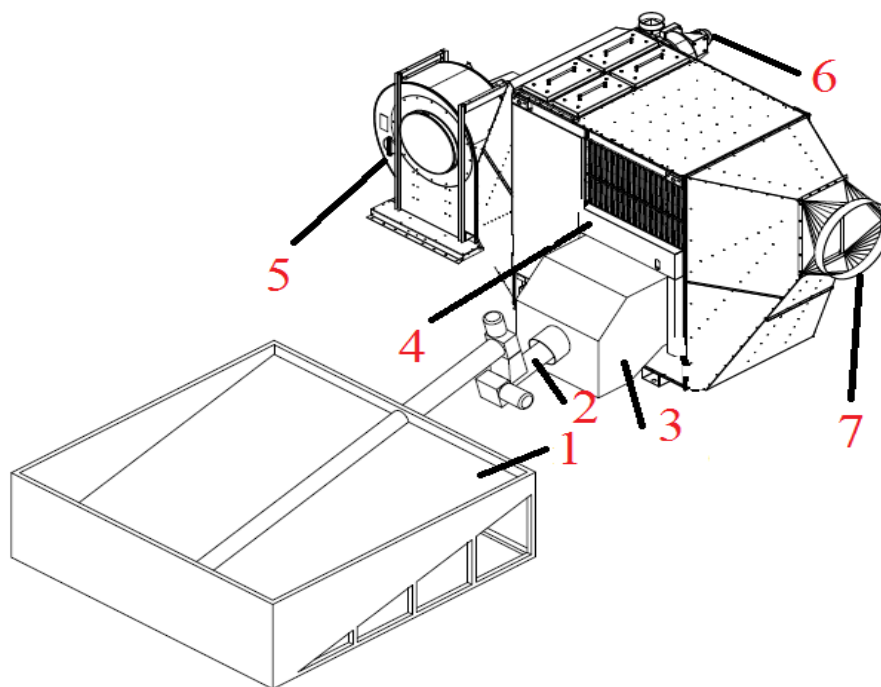
1.3. Hakkpuidu põletamise tehnoloogiad

Hakkpuidu põletamise tehnoloogiad jagatakse peamiselt kaheks (Frorip, Ahokas 2012: 105):

- 1) Märja hakke põletamine
- 2) Kuiva hakke põletamine

Kuiva hakke kateldes on mõeldud kasutamiseks puit niiskusega 30-35%, märja hakke kateldes võib puidu niiskus ulatuda 55%-ni (Sealsamas: 105).

Klassikaline hakkpuidukatla süsteem teraviljakuivatile koosneb küttehoidla põhja paigaldatud terasest etteandja süsteemist, mis on varustatud hüdrauliliselt käitatavate tõmbelattidega. Latid tõmbavad küttematerjali hoidla keskmes asuvale konveierteole. Tigu transpordib hakke etteandesüsteemi, mis on varustatud hüdraulilise sulgemisluugiga. Hakkpuit suunatakse etteandesüsteemist tigukonveieriga põletisse, automaatika reguleerib vajadusel hakkpuidu etteandesüsteemi ja põlemiseks vajaminema õhu ventilaatori pööordeid. Vabanenud soojus edastatakse ahju konveksioonipindadelt kuivatisse, mida hoitakse anduri abil püsival temperatuuril. (Palokärki 2017)



Joonis 1.3. Tahkekütuse põletamise kompleks, 1 - kütuse vastuvõtupunker, 2 - etteandetigu, 3 - põleti, 4 - termokaitse, 5 - ventilaator, 6 - tuhaemaldus tigu, 7 - kuivatisse suunduv soe õhk (Agrosec Vulcan bio 2016)

Iga põletustehnoloogia kasutamisel on kindel võimsuste diapsoon, mille juures selle rakendamine on tehniliselt või majanduslikult kõige otstarbekam. Näiteks Soomes enamik kuni 5 MW võimsuseid katlaid ehitatakse restkoldega, suuremates tootmistes (tööstuskatlad, kaugkütte katlamajade katlad) eelistatakse keevkihtkoldeid. Tabelis 1.1 on toodud tüüpilised katelde võimsused kasutusvaldkondade järgi. (Kask, Muiste, Vares 2010)

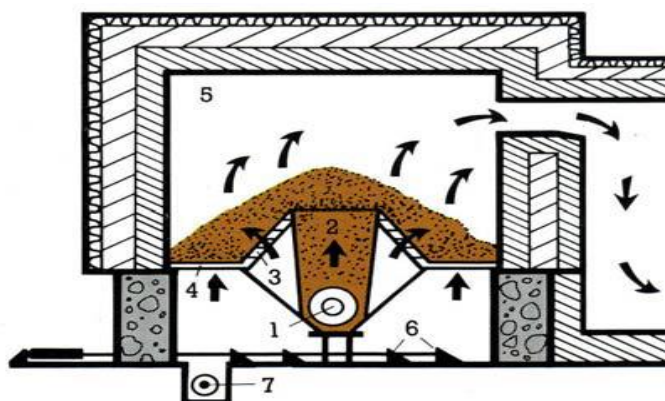
Tabel 1.1. Katelde jagunemine vastavalt kasutusvaldkonnale

Katelde kasutusala	Tüüpilised võimsused
1. Üheperemajade katlad	15 - 40 kW
2. Suurte hoonete katlad	40 - 400 kW
3. Kaugkütte katlamajade katlad	0,4 - 20 MW
4. Tööstuskatlad	1 - 80 MW
5. Olmejäätmete põletamise katlad	10 - 30 MW

Põletustehnoloogilistest lahendustest enim levinud väikeste ja keskmiste katelde korral on restkolded. Ajalooliselt jagati restkoldeid kaheks: käsitsi- ja automaatselt täituvateks.

Tänapäeval on valdav enamus koldeid automaatse kütuse etteandega, ainuüksi tuhaeraldus võib toimuda käsitsi. Restitüüpe võib jagada peamiselt kaheks – liikumatu rest ja mehaaniline kaldrest. (Kask, Muiste, Vares 2010)

Liikumatu restiga kollete korral on paigutatud rest koldesse sellise nurga all, mis tagab kütuse varisemise mööda resti kuivamistsooni allapoole põlemise tsoonini. Liikumatu resti kalle on soovitatud jätta vahemikku 30-40° sõltuvalt kasutatavast kütusest. Kaldrest koosneb kütuse liikumise suunas paiknevatest restielementidest ehk varbadest või trepist, mis koosneb risti kütuse liikumissuunaga paiknevatest astmetest (joonis 1.4.). Lisaks varbadest- ja trepprestile on kasutusel ka koonilise kujuga kaldrest, millele kütus antakse tigusöötjaga alt või raskusjõu mõjul ülalt. Liikumatu restiga koldeid kasutatakse kateldes, mille võimsus jääb vahemikku 0,05-1 MW. (Kask, Muiste, Vares 2010)



Joonis 1.4. Altsöötmisega koonilise restiga kolle, märja kütuse põletamiseks

1 - tigusöötja; 2 - kütuse lehter; 3 - kaldrest; 4 - horisontaalrest; 5 - kolderuum; 6 - tuhakraap; 7 - tigutransportöör tuha eemaldamiseks (Kask, Muiste, Vares 2010)

Mehaanilise restkolde kasutamine võimaldab liigutada restielemente, see tagab parema kontrolli kütusekihi üle ja soosib ühtlasemat jaotust restil, mis tagab kütuse efektiivsema põlemise ja vähima kahjulike heitmete lendumise. Mehaanilise resti kolde elemendid vahelduvad liigutatavatega ehk malekorras. Kolde seinu ülekuumenemise vältimiseks jahutatakse ventilaatori toodetava põlemisõhuga, samuti tagab see õhu ettesoojenduse ja parandab põlemistingimusi, väga niiske kütuse korral kolde seinu ei jahutata. (Kask, Muiste, Vares 2010)

1.4. Hakkpuidu ja põlevkivikütteõli võrdlus

Puidu biomass on energiallikas, mis aitab vähendada õhureostust atmosfääris. Hakkpuit on puidu biomassi vorm. See on jätkusuutlik nii energeetiliselt kui majanduslikult. (Manzone, Calvo 2016: 250)

Aina rohkem on viimase aastakümne jooksul Eesti linnades ja asulates hakatud sooja tootmiseks kasutama hakkpuitu. Seda eelkõige selle madala hinna ja keskkonnasäästlikkuse tõttu. (Sommer 2016: 11)

Hakkpuidu otstarbekuse määrab põhiliselt see, mille jaoks ning millises mahus hakkpuitu tarvitatakse (Hansen 2015).

On terve rida iseloomulikke tunnuseid, mis mõjutavad puidu kui kütuse omadusi. Nendeks on: keemiline koostis, kütteväärtus, tihedus, niiskus, lendaine, kõvadus, koksi ehk seotud süsiniku sisaldus, tuhasus, tuha koostis, tuha sulamise karakteristikad ja mehhaaniliste lisandite nagu tolmu ja seeneeoste olemasolu. Hakkpuitu valmistatakse erinevatest puuliikidest ja mitmesugustest puuosadest. Seetõttu võib olla suuri erinevusi sedasorti kütuste omadustes. (Kask, Muiste, Vares 2010)

Puidu täielikul põlemisel eralduvat soojushulka nimetatakse kütteväärtuseks (Kask, Muiste, Vares 2010). Hakkpuidu kütteväärtust mõjutab oluliselt ka puu niiskus. Erinevat liiki puudel on erinev kütteväärtus, keskmised kütteväärtused 20 % niiskuse juures: kask 1700 kWh/ m³; mänd 1360 kWh/ m³; haab 1330 kWh/ m³; kuusk 1320 kWh/ m³; lepp 1230 kWh/ m³; segalehtpuu (lepp 50 % ja haab 50 %) 1280 kWh/ m³; segaokaspuu (mänd 50 % ja kuusk 50 %) 1340 kWh/ m³ (Kask, Muiste, Vares 2010).

Hakkuris purustatud puidu tüki pikkus jääb vahemikku 25-40 mm, niiskusesisalduse 45% juures on kütteväärtus 9,0 MJ/kg, niiskusesisaldus on vahemikus 30-50%, tuhasus 1%. 13-15 m³ hakkpuitu asendab ligikaudu ühe tonni kütteõli (Tooming 2001: 2).

Biokütused on üldiselt kohaliku päritoluga, mis muudab biokütused populaarseks. Praegusel ajal on toorme hind turul madal, mis õigustab biokütuste tabimist veelgi enam. (Sommer 2016: 26)

Põlevkivi saadakse kaevandamise teel. Selle kaevandamine avaldab aga tugevat mõju keskkonnale. Põlevkivi kaevandamine mõjub pöördumatult põhjavee omadustele ja

maastikule. Kaevandatud alal, põhjaveekiht, mis on maapinna lähedal, muutub joogiveeallikana kõlbmatuks. Põlenud aherainetest kuhjatakse mäed, mis on jääkreostuskolleteks. Kaevandamise käigus levib ümbruskonda tolmu ja lõhkamisega seotud saasteaineid. (Põlevkivi kasutamise arengukava)

Põlevkivist toodetakse põlevkiviõli. Maailmamastaabis on Eesti üks suurimas mahus põlevkiviõli tootvaid riike (Eesti Energia). See on põlevkivi orgaanilise osa termilisel lagundamisel ja õliaurude kondenseerimisel saadud tumepruuni värvuse ja lõhnaga, temperatuuridel 0-20 °C hästi voolav vedel aine. Põlevkiviõli koosneb mitmetest keemilistest ühenditest, nt hapniku-, lämmastiku- ja väävliühendid ning parafiinid. Aasta jooksul kaevandatakse Eestis põlevkivi umbes 15 miljonit tonni. Sellest õli tootmiseks läheb umbes 3,5 miljonit tonni. (Velling, Vaasma 2012)

Põlevkiviõli on võimalik kasutada katelde ja tööstuslike ahjude kütusena ning laevakütuste lisana. Põlevkiviõli toodetakse utmistehnoloogia abil – produktide saamiseks kuumutatakse põlevkivi kõrgel temperatuuril (ligikaudu 500 °C). (Velling, Vaasma 2012)

Põlevkiviõli omadused on järgmised: tihedus 950 kg/m³, kütteväärtus 11,3 kWh/kg energiatihedus 10,7 kWh/m³ (Laidoja 2016: 49).

Lai põlevkivitööstus on olnud ja on ka praegusel ajal Eesti majandusele olulise tähtsusega. Põlevkivi on kohalik tooraine ja kütus põlevkivitööstuses, mis koosneb elektri- ja soojusenergia, põlevkiviõli ja tsemendi tootmisest ning hõlmab endas tuhandeid töökohti. Nende tööstusharude toodang mängib olulist rolli Eesti ekspordis ning mõjub positiivselt väliskaubanduse bilansile. (Põlevkivi kasutamise arengukava)

Maagaasi, põlevkiviõli ja kerge kütteõli baasil töötavad katlad on tihti odavamad ja suurema kasutusmugavusega kui seda on biokütust kasutavad katlad, kuid kütus on kallim, eriti õli puhul (Matsalu 2014: 37). Kuigi kütusehindade ennustamine on raske, on siiski tõenäoline, et puitkütuse hinnaeelis nii põlevkiviõli kui maagaasi ees on püsiv (Sommer 2016: 23).

Aastakümnete vältel on Eesti peamiseks energiaallikaks olnud põlevkivi, kuid on selge, et 10-20 aasta vaates tuleks tegeleda taastuvate energiaallikate arendamisega, kasvõi selleks, et vähendada põlevkivi baasil energiatootmise domineerivat olukorda (Nikonova 2014: 40).

2. Uuritava ettevõtte kirjeldus ja lähteandmed

2.1. Ettevõtte kirjeldus

Uuritavaks objektiks on teraviljakasvatusega tegelev keskmise suurusega ettevõtte, mis alustas tegevust aastal 1997. Lisaks teraviljakasvatusele tegeletakse maaparanduse, kaevetööde ja metsandusega. Ettevõttes töötab kümme inimest.

Ettevõtte kasutada on 1700 hektarit põllumaad, millel kasvatatavateks kultuurideks on: nisu, oder, põlduba ja raps. Enamik toodetud teraviljast eksporditakse välismaale toidu- ja sööda teraviljana. Tootmisviisina on esindatud tavatootmine, mis tähendab, et kasutatakse väetisi ja taimekaitsevahendeid.

Põldude ettevalmistamiseks kasutatakse minimineeritud harimist, kündmist ei rakendata, sest töö on liiga energiamahukas ja aeganõudev.



Joonis 2.1. Ettevõtte asendiplaan, 1 - varjualune põllutöö masinatele, 2 - töökoda, 3 - kontor, 4 - diiselmootori hoidla, 5 - ladu kuivatatud teravilja hoiustamiseks, 6 - kuivati kompleks, 7 - varuosad ja väetis.

Ettevõtte asendiplaanis (joonis 2.1.) on välja toodud tootmiskompleksi tähtsamad ehitised, töökoda, väetise ja varuosade ladu ja diiselkütuse hoidla on ehitatud eelmise sajandi 80. aastatel, ülejäänud ehitised on ehitatud käesoleval sajandil, viimati valminud hoone on varjualune põllutöö masinatele, mis valmis 2013. aastal.

2.2. Ettevõtte teravilja tootmismahud ja kasvatatavad kultuurid

Ettevõtte kasvatatavateks kultuurideks on nisu, oder, raps ja põlduba. Teravilja kasvatatakse peamiselt toidu- ja söödaviljana, millest suurem osa eksporditakse. Teravilja veoks sadamasse on ettevõttel olemas kaks veoautot, vajadusel ka ostetakse veoteenust. Vähesel määral tegeletakse ka seemnevilja kasvatusiga, mida kasutatakse ainult omatarbeks, seemnevili pakendatakse big bag kottidesse, mis mahutavad 700 - 1000 kg. Teravilja kasvupind on iga aasta järjest suurenenud, 2016 aastal oli teravilja kasvupind 1700 ha, viimase kolme aasta jooksul on külvipind suurenenud märgatavalt, mis arenguperspektiivist on positiivne (tabel 2.1), peamisteks kultuurideks on nisu ja oder, suurel pinnal kasvatatakse ka põlduba. Teravilja külvatakse nii kevadel kui ka sügisel, taliviljade osakaal on ligikaudu 30 %, taliviljadest kasvatatakse nisu ja rapsi, 2016 aasta sügisel külvati 400 ha nisu ja 150 ha rapsi, viimast oleks rohkem külvatud, kuid külvamisperiood oli sajune.

Tabel 2.1. Ettevõtte teravilja kasvupinnad 2014-2016 hektarites kultuuride kaupa.

Teravilja liik	2014. a.	2015. a.	2016. a.
1. Nisu, ha	563	618,5	686
2. Oder, ha	334,5	359,5	428
3. Põlduba, ha	113,5	145	334,5
4. Raps, ha	399	503	249
Kokku, ha	1410	1626	1697,5

Toodetud teraviljade kogused sõltuvad mitmetest asjaoludest – kasvuperioodi aegsest sademete hulgast, taimekaitsest, väetamisest ja harimisviisidest. Uuritava ettevõtte aastane kuivatatud teraviljasaak jääb vahemikku 4800 – 6700 tonni, kõige rohkem toodetakse nisu, kõige vähem põlduba või rapsi.

Tabel 2.2. Ettevõtte teraviljasaak 2014-2016 tonnides

Teravilja liik	2014. a.	2015. a.	2016. a.
1. Nisu, t	2895,11	2744,25	3785,09
2. Oder, t	1111,72	1688,48	1561,77
3. Põlduba, t	204,92	695	1049,3
4. Raps, t	645,64	950	347,8
Kokku, t	4857,39	6077,73	6743,96

Kuivatatud teravilja hoiustamiseks on ettevõttel ladu, kus hoitakse teravilja puistena. Kuivatist jõuab vili lattu tigukonveieri abil, kui tigukonveieris esineb tõrkeid saab teravilja laadida kuivatist veoautole, mille abil samuti jõuab vili lattu.

2.3. Ettevõtte teraviljakoristus

Teraviljakoristuse tarbeks on ettevõttel kaks kombaini: New Holland CX8090 (2011) ja Case 9230 IH Axial Flow (2013).

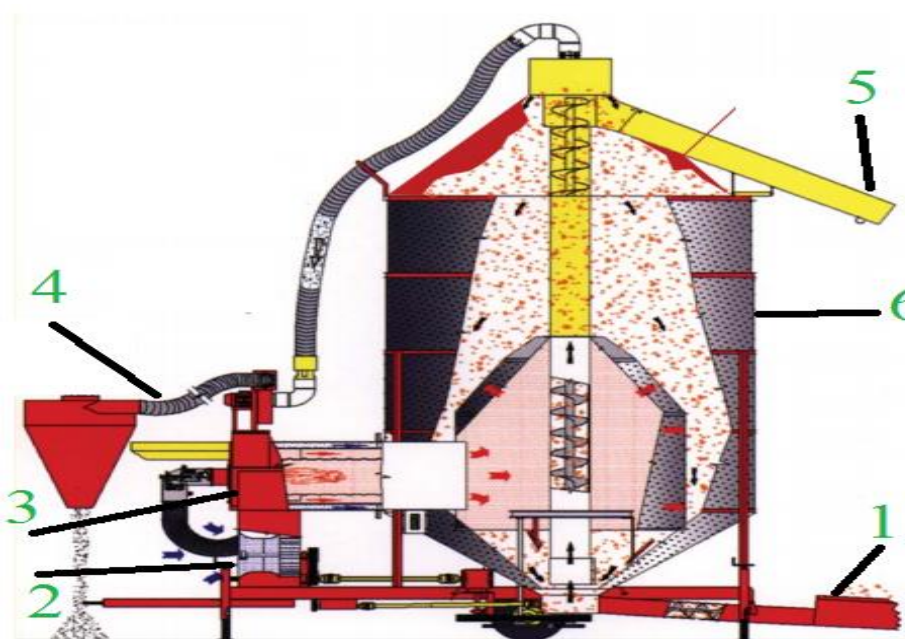
Tabel 2.4. New Holland CX8090 ja Case 9230 IH Axial Flow parameetrid

Põhinäitajad	New Holland CX8090	Case 9230 IH Axial Flow
1. Mootori võimsus, hp	449	571
2. Heedri lõikelaius, m	9,0	9,1
3. Terapunkri suurus, l	10500	12330
4. Väljalaadimiskiirus, l/min	113	159
5. Jõudlus, ha/h	4,4	4,9

Ettevõtte on valinud kombainid põhimõttel, et üks meeter heedrit võrdub 100 ha hooajalist koristamist, ehk 9 m heeder on suuteline koristama hooajal 900 ha, mis on ka paika pidanud. Case kombain on varustatud roomikutega, mille kandevõime on tunduvalt suurem võrreldes tavaliste rehvidega. Roomikud tagavad töötamise ka pehmemal pinnasel. Koristatud teravilja veoks kasutatakse kaht süsteemi, kui põllud on 10 km raadiuses, veetakse vili kuivatisse traktorite järel olevate haagistega, mis mahutavad 30 m³. Selline tegevus suurendab ka kombainide efektiivsust, sest kombainid saavad vilja välja laadida, ise samal ajal edasi töötades. Kaugematelt põldudelt veetakse vili kuivatisse veoautodega,

2.4. Teravilja kuivatamine

Ettevõttel on olemas kaks kuivatikompleksi, antud töö uurimisobjektiks on ainult üks kuivati, mis on rajatud aastal 2009. Kuivatite jõudlused on ligikaudu võrdsed, mis tähendab, et kumbki kuivati kuivatab pool toodetavast viljast. Teravilja kuivatamiseks on kasutusel portsjonkuivati Pedrotti mahutavusega 50 m³. Kuivatusprotsess algab põllult toodud niiske teravilja mahalaadimisega vastuvõtuava juurde, kuivati täitmiseks on kasutusel elevaator tootlikkusega 60 t/h, kuivati täitmiseks kulub 20-40 minutit olenevalt teravilja niiskusest. Kuivatimisvõimsus passiandmete järgi on 5-6 t/h. Teravili kuivatatakse kuuma õhuga. Kuum õhk saadakse põlevkiviõli põletamise tagajärjel põletis, mille võimsuseks on 350 kW. Terve kuivatusprotsessi käigus ringleb vili elevaatori abil, samal ajal toimub ka pidev puhastamine, sorteerimaks teraviljast umbrohu jääke.



Joonis 2.2. Portsjonkuivati Pedrotti xlm 350 tehnoloogia skeem, 1 - vastuvõtu kolu, 2 - Ventilaator, 3 - Põleti, 4 - teravilja puhastusjäägid, 5 - kuivatatud vilja väljalaadimistoru, 6 - märja vilja punker (Pedrotti xlm kuivati)

Ettevõtte esindaja sõnul on antud kuivati näidanud ennast igati positiivsest küljest. Kasutusaja jooksul esinenud vigade arv on olnud väike, peamiselt on probleeme tekitanud elevaatori võlli laagrite kulumine ja korrodeerunud põlevkiviõli pihustid.



Joonis 2.3. Kuivati Pedrotti xlm 350 juhtimiskilp, juhtnupud: 1 – kesktigu, 2 – tolmueraldus, 3 – sisselaadimistigu, 4 – ventilator, 5 - põleti

Kuivatusprotsessi teostamiseks tuleb juhtimiskilbis vajutada lüliteid järgmises järjekorras:

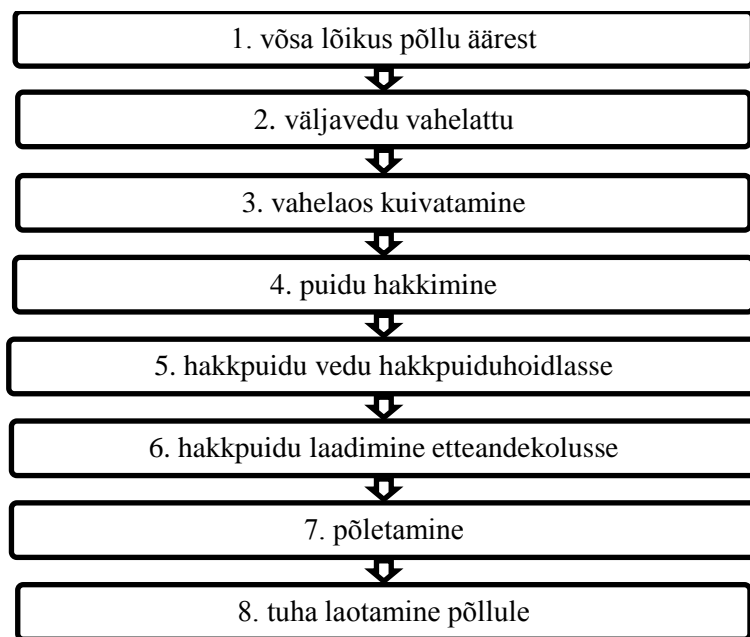
- 1) kesktigu
- 2) tolmueraldus, puhasti
- 3) sisselaadimistigu
- 4) katla ventilator
- 5) põleti

Kui eelnimetatud etapid on läbitud, tuleb oodata kuni teravili on saavutanud soovitud niiskuse. Joonisel 2.3 on näidatud kuivati käitamise etapid, lisaks on kuvatud ka võimalikud tõrked protsessis. Töötundide arv kuivatil on 3499, kuivati alustas tööd 2009. aastal, seega keskmiselt töötab kuivati 437 tundi aastas. Kuivatusperiood kestab kaks kuud.

Tabel 2.5. Põlevkiviõli kogused ja hind kokku aastatel 2014-2016

Andmed	2014. a.	2015. a.	2016. a.
Kogus, t	26	62	83
Hind, €	12576	19674	25669

Ettevõtte kulutab igal aastal kuivatikütusena kasutatavale põlevkiviõlile märkimisväärse summa (tabel 2.5), aastatega on põlevkiviõli tarbimine järjest suurenenud. 2016. aastal kasutati põlevkiviõli 83 tonni ja kütuse soetamiseks kulutati ligi 26 000 eurot. Töö autor on seisukohal, et kuivatuskulu on suur ja seda tuleks vähendada. Selleks tuleks uurida hakkpuidu kasutamist kuivatikütusena.



Joonis 2.4. Hakkpuidu tootmise skeem võsa lõikamisest põletamiseni

Joonisel 2.4. on kirjeldatud uuritava ettevõtte hakkpuidu tootmise skeemi lõikamisest põletamiseni. Ettevõttel on olemas kogu inventar hakkpuidu tootmiseks: 1) ekskavaator lõikeseadmega tootlikusega kuni 20 m³/h, 2) metsaväljaveo traktor tootlikusega 15 m³/h 3) puiduhakkur tootlikusega 75 m³/h, 4) hakkpuidu veoks kohandatud haagis mahutavusega 90 m³. Puudu on ainult katel hakkpuidu põletamiseks, tuha laotamiseks põllule on võimalik kasutada väetisekülvikut.

3. Hakkpuidu tehnoloogia arvutused, järeldused ja ettepanekud

3.1. Hakkpuiduhoidla suuruse arvutus

Hakkpuiduhoidla suuruse arvutamiseks tuleb esialgu leida kütuse kütteväärtuse kulu ühe hooaja jooksul. Arvutamise lähteandmeteks tuleks valida hooaeg, millal on kulutatud kütust kõige rohkem. Arvutuste lähteandmeteks on võetud ettevõtte raamatupidamisest kogutud andmed aastatel 2014-2016. Põlevkiviõli kütteväärtus Q on leitud valemiga:

$$Q = m \cdot 10,8, \quad (3.1.)$$

kus m - põlevkiviõli kogus t;

10,8 - põlevkiviõli kütteväärtus MWh/t (RT, kütuse tarbimise kütteväärtused).

Põlevkiviõlist saadav koguenergia kogus 2016. aasta kuivatusperioodi oli

$$Q = 83 \cdot 11,5 = 896,4 \text{ MWh}$$

Põlevkivist saadav koguenergia võib jagada kaheks, et arvutada vajamineva hakkpuidu kulu ühe kuivati katla kohta, seega kuivati tarbib antud hooaja jooksul ~450 MWh energiat.

Vajaminev hakkpuidu kogus V leitakse valemiga:

$$V = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot A \quad (3.2.)$$

kus Q_1 – põlemiseks vajaminev koguenergia MWh;

Q_2 – hakkpuidu kütteväärtus MWh/t (RT, kütuse tarbimise kütteväärtused);

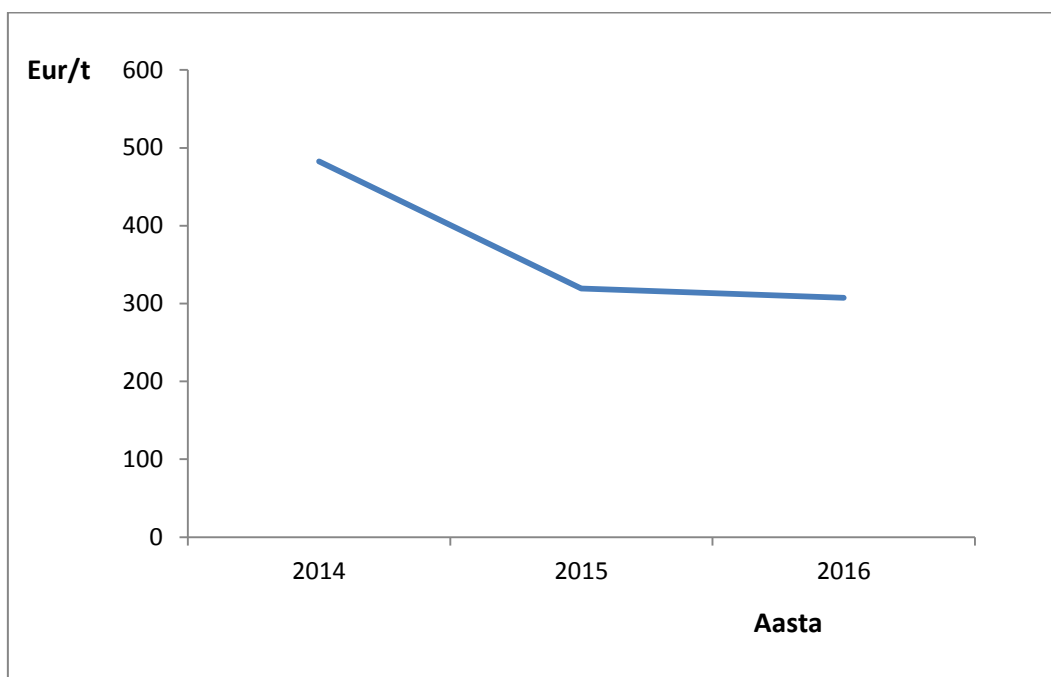
A – kordaja, teisendamaks massiühiku mahuühikuks (Wood fuels handbook 2009).

Vajamineva hakkpuidu kogus on $V = \frac{450}{2,4} \cdot 3 = 562 \text{ m}^3$.

Asendamaks tarbitavat põlevkiviõli kogust on vaja vähemalt 562 m^3 hakkpuitu. Kindlasti tuleb hoidla ehitada teatud varuga, sest aastate lõikes võib muutuda külvipinna suurus, koos sellega ka kuivatatava teravilja kogus. Kuivatamise perioodil peaks toimuma varustamine hakkpuiduga iga kahe nädala tagant, kuivati töötab aastas ~2 kuud, ehk korraga tuleks tarnida 140 m^3 hakkpuitu, mis on ligikaudu kaks veoauto koormat. Sellise lahenduse puhul poleks tarvis ehitada suurte mõõtmetega hoidlat.

3.2. Põlevkiviõlilt üleminek hakkpuidule majanduslik võrdlus analüüsi koostamine ja katla võimsuse valik

Põlevkiviõli hind hetkeseisuga on küllaltki odav. Kui 2014. aastal tuli tonni õli eest maksta keskmiselt 482 eur/t, siis 2016. aastal kujunes hinnaks 307 eur/t (joonis 3.1.). 2016. aastal kujunes põlevkiviõli hinnaks 28,5 eur/MWh.



Joonis 3.1. Põlevkiviõli keskmine hind 2014-2016 (tabel 2.5)

Hakkpuidu hind on samuti odavnenud. Suurel määral seetõttu, et lähiaastatel tabas fossiilsete kütuste turgu kriis, mis muutis tootmise odavamaks. Hetkeseisuga on hakkpuidu hind 9,60 eur/m³, ehk 11,52 eur/MWh (joonis 3.2).

Hinnavahe võrreldes põlevkiviõliga on suur. Võttes arvesse hetkel kehtivaid hindasid, säästaks ettevõtte ühe MWh pealt 17 eurot. Kui arvesse võtta eelmisel aastal tarbitud energiat, on võimalik leida majanduslik kokkuhoid C eur/aastas valemiga:

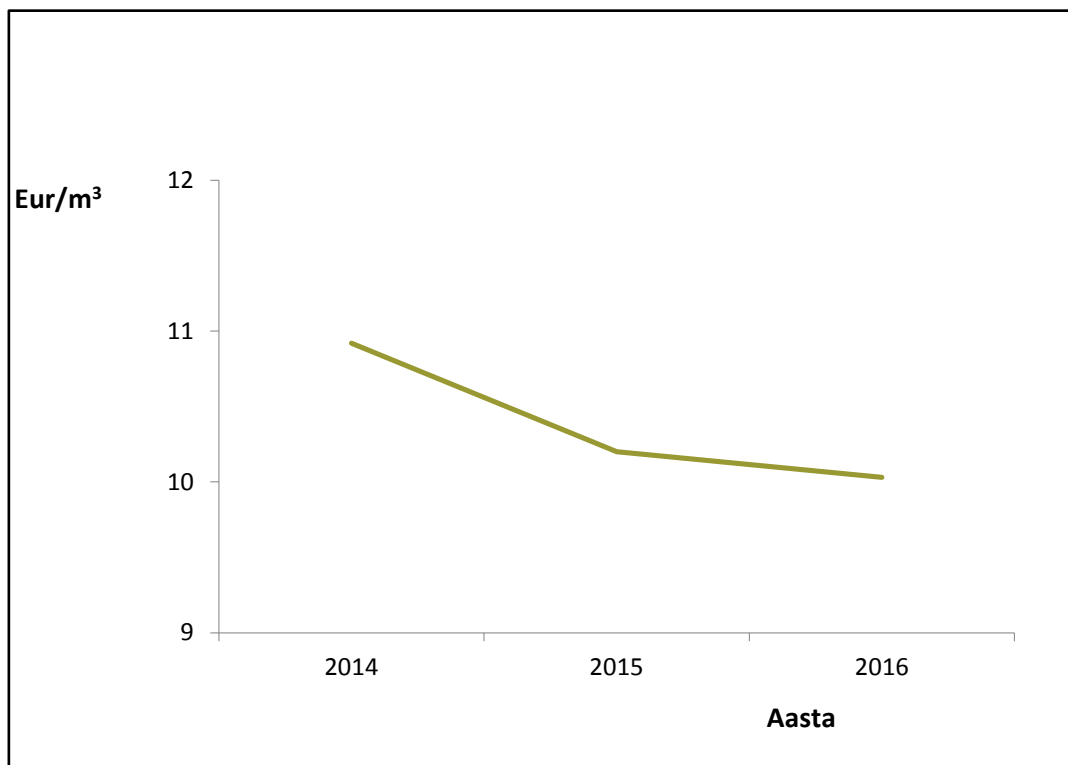
$$C = Q \cdot P \quad (3.3.)$$

kus Q – kuivatamisprotsessis kasutatav koguenergia MWh;

P – säästetav summa ühe MWh pealt, eur.

Aastane majanduslik kokkuhoid hakkpuidu tarbimise korral 2016 aasta andmetel oleks

$$C = 450 \cdot 17 = 7650 \text{ eur /aastas.}$$



Joonis 3.2. Hakkpuidu keskmine hind 2014-2016 (RMK, hinnastatistika)

Joonisel 3.2 selgub, et hakkpuidu hind on viimase kolme aasta jooksul langenud 10 %. Katla võimsuse valikul tuleb välja selgitada ligikaudne hakkpuidu kulu tunnis. Selleks tuleb lähtuda hooajal vajaminevast teravilja kuivatamisele kuluvast energiahulgast ja kuivati töötundidest ühe hooaja jooksul. Varasemates arvutustes selgus, et teravilja kuivatamiseks kulus energiat 450 MWh ja aastas keskmiselt töötab kuivati 437 tundi. Hakkpuidu kulu W ühes tunnis kuupmeetri (m^3/h) kohta saab leida valemiga:

$$W = \frac{Q_1}{t \cdot Q_2} \cdot A \quad (3.4)$$

kus Q_1 – aastas kasutatav koguenergia MWh;

Q_2 – hakkpuidu põletamisel saadav energia MWh/t;

A – kordaja teisendamaks MWh/t - MWh/ m^3 (Wood fuels handbook 2009).

Hakkpuidu kulu tunnis on $W = \frac{450}{437 \cdot 2,4} \cdot 3 = 1,27 \text{ m}^3/h$.

Hakkpuidukatla võimsusevalikul saab lähtuda arvutusest 3.4 ja valida tabelist 3.2, seega planeeritava katla võimsus on 1000 kw.

Tabel 3.2. Hakkpuidu kulu erinevate võimsusega katelde korral (Antti, 2016)

Võimsus, kW	Hakkpuidu kulu, m ³ /h			
	1h	2h	10h	20h
500	0,6	1,2	5,9	11,8
600	0,7	1,4	7,1	14,2
700	0,8	1,7	8,3	16,6
800	0,9	1,9	9,4	18,8
1000	1,2	2,3	11,6	23,3
1200	1,4	2,8	13,8	27,6
1400	1,6	3,2	16,0	32,0

Vajamineva hakkpuidukatla hind koos etteandesüsteemiga on 98 500 eurot (Pria hinnakataloog 2017).

Tasuvusaja leidmiseks kasutatakse lihttasuvusaega ehk arvutamisel ei arvestata inflatsiooni ja intressimäära (Kask, Muiste, Vares 2010). Tasuvusaeg T_1 on leitud valemiga:

$$T_l = \frac{I_0}{a} \quad (3.5.)$$

kus I_0 – investeeringu maksumus eur;

a – aastas säästetav summa hakkpuidu põletamisel eur/a.

Tasuvusaeg $T = \frac{98500}{7650} = 12$ aastat ja 10 kuud.

Tasuvusajaks kujunes arvutuste põhjal 12 aastat ja 10 kuud. Arvutustes pole kajastatud hakkpuiduhoidla ehituse maksumust, investeeringu toetust ja hakkpuidu omahinda. Seetõttu tasub arvutus uuesti teostada kasutades eelnimetatud näitajaid. Investeeringutoetust makstakse 40% ulatuses projekti kogumaksumusest (Pria, MAK 2014-2020). Toetuse saamise korral tuleb ettevõttel katla eest maksta 59100 eurot, ettevõtte juhataja arvutuste kohaselt kujuneb hakkpuidu tootmise omahinnaks 6,75 eurot ehk 8,46 eur/MWh ja säästetav summa MWh pealt on 20,06 eurot. Esiteks tuleb leida aastane kokkuhoid C hakkpuidu põlemisel, mis on arvutatud valemiga:

$$C = Q \cdot P \quad (3.3.)$$

kus Q – kuivatamisprotsessis kasutatav koguerenergia MWh;

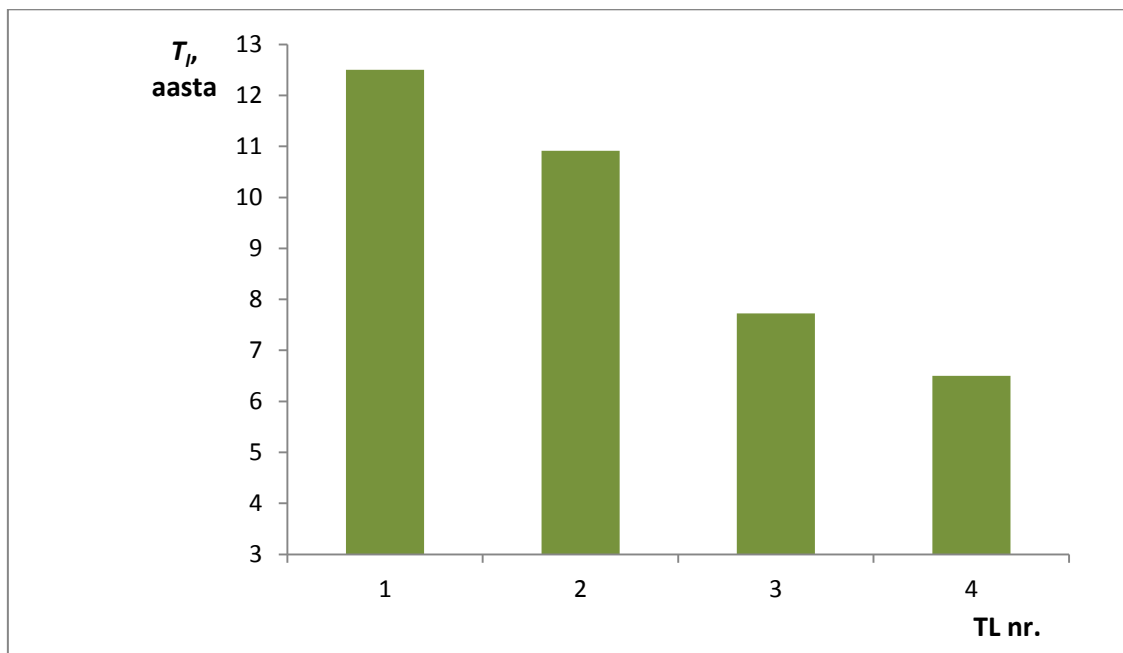
P – säästetav summa ühe MWh pealt, eur.

Hakkpuidu põletamisel säästetav summa, hakkpuitu ise tootes oleks arvutuste kohaselt

$$C = 450 \cdot 20,06 = 9027 \text{ eur /aastas.}$$

Investeeringu toetust taotledes ja hakkpuitu ise tootes on tasuvusaeg $T_l = \frac{59100}{9027} = 6$ a, 6 k.

Arvutuste põhjal selgub joonisel 3.3. tulemusel, et tasuvusajad erinevate tehnoloogiliste lahenduste (TL) korral on TL 1, kus on kujutatud tasuvusaega hakkpuidukatla soetamisel ilma investeeringu toetuseta ja hakkpuitu ostes väärtus on 12 aastat ja 6 kuud. TL 2, hakkpuidukatla soetamine ilma investeeringu toetuseta, hakkpuitu ise tootes, mille tasuvusaeg on 10 aastat ja 10 kuud. TL 3 hakkpuidukatla soetamine investeeringu toetuse abil ja hakkpuitu ostes, tasuvusajaks kujunes 7 aastat ja 8 kuud. TL 4 on kõige soodsam lahendus, arvutusel võeti arvesse katla soetamist investeeringu toetuse kaasabil ja hakkpuitu ise tootes, tasuvusajaks kujunes 6 aastat ja 6 kuud.



Joonis 3.3. Lihttasuvusaeg (T_l) vastavalt hakkpuidukatla tehnoloogia (TL) investeeringu järgi, 1 - soetamine ilma toetuseta hakkpuitu ostes, 2 - toetuseta hakkpuitu ise tootes, 3 - toetusega hakkpuitu ostes, 4 - toetusega hakkpuitu ise tootes

Tasuvusaeg on kõikide uuritud lahenduste korral pikk, optimaalne tasuvusaeg peaks jääma alla 5-7 aasta (Kask, Muiste, Vares 2010). Normaalse tasuvusaja saavutamiseks kõige mõistlikum lahendus oleks PRIA poolt makstava investeeringutoetuse suurendamine.

3.3. Järeldused ja ettepanekud

Käesolevas töös uurimise käigus selgus, et üleminek põlevkiviõli tarbimiselt hakkpuidule ei oleks eriti hea investeering majanduslikust seisukohast, sest tasuvusaeg on pikk. Tavaliselt normaalne tasuvusaeg jääb alla 5–7 aasta (Kask, Muiste, Vares 2010). Selgus, et lihttasuvusaeg ilma investeeringutoetuseta ja hakkpuitu ise mitte tootes oleks 12 aastat ja 10 kuud, kui ettevõtte taotleks investeeringutoetust ja toodaks ise hakkpuitu kujuneks tasuvusajaks 6 aastat ja 6 kuud. Tasuvusaja arvutamisel pole kajastatud hakkpuiduhoidla ehituskulusid. Mõlema arvutuse korral on tasuvusaeg liialt pikk.

Kindlasti uuritud lahendus ei lihtsusta kuivatamisprotsessi, sest kasutatava hakkpuidu kogus on suur, 562 m³. Planeeritava hakkpuiduhoidla suurus on vähemalt 140 m³, mis mahutaks kahe nädala hakkpuidu varu. Hakkpuiduhoidlast tuleb mitu korda päevas vedada kütust katla etteande punkrisse, mille jaoks läheb tarvis lisatööjõudu ja põleti on konstruktsioonilt keerukam, kui praegu kasutusel olev põlevkiviõli põleti.

Lisaks sellele on hakkpuiduhoidla ehituseks vaja territooriumi, mida uuritava ettevõtte katastril on vähe (joonis 2.1.). Suureks puuduseks on ka katla vähene tööaeg, katelt plaanitakse kasutada ainult kuivatushooajal ehk ligikaudu kaks kuud aastas. Arvestades investeeringu suurust tuleks leida katla tasuvusaja vähendamiseks täiendavaid kasutusvaldkondi, näiteks kasutada hakkpuidukatelt talvel töökoja kütmiseks.

Pikas perspektiivis on hakkpuidukatla kasutuselevõtt kasulik, sest hetkel soodne olev põlevkiviõli hind võib kallineda, seevastu hakkpuidu tootmise omahind ei tõuseks märgatavalt. Hakkpuidu puhul on tegemist ka taastuvenergia allikana, mille kasutamine vähendab “ökoloogilist jalajälge”. Lisaks sellele toimuks hakkpuidu tootmine ettevõtte valduses olevate põldude äärtest, mis lihtsustaks maa harimist suurte masinatega ja suurendaks põllu pindala.

Kokkuvõtteks saab järeldada, et hakkpuidu kasutusele võtmine kuivati kütusena pole uuritud ettevõttes mõistlik antud tehnoloogia kõrge maksumuse ja sellest tuleneva pika tasuvusaja tõttu. Tulevikus, kui muutub majanduslik olukord, võib kaaluda antud teema uuesti päevakorda võtmist.

KOKKUVÕTE

Põlevkiviõlikatla asendamine hakkpuidukatla on keeruline protsess, mis nõuab laialdasi teadmisi soojustehnikast ja biotehnoloogilisest protsessist (teravilja koristuse aeg, koristuse kestus, kuivati tehnoloogia). Töö eesmärgiks oli uurida, kas hakkpuidu kasutamine kuivatusprotsessi kütusena on tasuv tegevus. Lõputöö koosneb kolmest osast.

Esimeses osas on antud ülevaade hakkpuidu tootmise- ja põletamistehnoloogiast ning põlevkiviõli ja hakkpuidu võrdlus, kus on välja toodud põletatavate kütuste eelised ja puudused. Teises osas on väljatoodud uuritava ettevõtte teravilja tootmisnäitajad viimase kolme aasta jooksul ja kasutatava kuivatuskompleksi tehnoloogiaskeem. Kolmas peatükk hõlmab arvutusi hakkpuiduhoidla suuruse leidmiseks ja tasuvusanalüüsi ning peatüki lõpus on välja toodud järeldused, soovitused ja ettepanekud.

Töös selgus, et hakkpuit omab mitmeid eeliseid põlevkiviõli kasutamise ees, kuid uus planeeritav süsteem on olemuselt keerukam. Tuleb ehitada ka hakkpuiduhoidla, mis mahutaks vähemalt 140 m³ hakkpuitu. Lisaks peab keegi mitu korda päevas täitma kütuse etteande hoidlat ja samuti projekti lihttasuvusaeg on pikk, kuid on võimalik lühendada kaasates investeeringutoetust PRIA-st. Investeeringu toetuse kaasabil kujunes tasuvusajaks 6 aastat ja 6 kuud. Teisest küljest hakkpuidu kasutamine kuivatikütusena on keskkonnasõbralikum, põlluäärite puhastamine võsast aitab maad paremini harida ja talvisel perioodil pakub ettevõtte tööliste tööd.

Eesmärk oli välja selgitada, kui tasuv on hakkpuidu kasutamine kuivatikütusena ja selgus, et tegemist ei ole kuigi tasuva lahendusega antud ettevõtte tootmismahdade korral. Tasuvusaega annaks ettevõttel vähendada kui osutada kuivatusteenust või suurendada tootmismahtu.

SUMMARY

Replacement of shale oil burner to wood chips burner is complicated process, which requires extensive knowledge of heat technics. The purpose of the study was to investigate wood chips burning as fuel in the grain dryer system is useful. The study contains three chapters.

The first part includes the wood chips producing, burning technologies and differences between shale oil and wood chips. Second part is about investigated agricultural company, which includes data about grain produce and grain dryer technology schema. Third chapter includes calculations about woodchips storehouse, cost volume profit analysis, inferences and suggestions.

In the study was found that, wood chips using as fuel in grain dryer system has many advantages over the shale oil, but the system is more complicated than current one, also there must be person who needs to fill the storage before the burner. Also the cost volume profit is way too long, it can be lowered by considering investment support from Estonian Agricultural Registers and Information Board. On the other hand wood chips using for grain drying is more environment-friendly also cleaning brush from field edge makes cultivation easier and provides action for workers during winter period.

The main purpose of the study was to find out how beneficial is using wood chips in grain drying process, turned out that analysed technology is not useful for investigated company at current produce ability.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Hinnakataloogi objektid. – Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Amet.
<https://epria.pria.ee/epria2/hinnakataloog/#/valideeritud> (17.05.2017)
2. **Kask, Ü., Muiste, P., Vares, V.** (2010). Puitkütus
http://www.eramets.ee/static/files/762.Brosyyr_Puitkytus_2010.pdf (20.04.2017).
3. **Kippa, R., Josing, M., Vanamölder, A., Kadarik, K., Martens, K., Reiman, M.** (2011).
Ülevaade Eesti bioenergia turust 2010. aastal. Tallinn.
https://www.energiatalgud.ee/img_auth.php/d/d1/EKI._%C3%9Clevaade_Eesti_bioenergia_turust_2010.pdf (20.04.2017).
4. **Krajnc, N.** (2015). Wood fuels handbook. <http://www.fao.org/3/a-i4441e.pdf> (21.04.2017).
5. Kütuste tarbimisaine alumised kütteväärtused Hoonete energiatõhususe arvutamine (2012)
https://www.riigiteataja.ee/aktiis/1181/0201/2001/MKM_m63_lisa4.pdf
6. **Laidoja, A.** (2016). Puidu ja põlevkivi koos-pürolüüs. (Magistritöö). Tallinna Tehnikaülikooli mehaanikateaduskond. Tallinn.
7. **Manzone, M., Calvo, A.** (2016). Woodchip transportation: Climatic and cognestion influence on productivity, energy and CO2 emission of agricultural and industrial convoys. – *Renewable Energy*. [e-ajakiri] (20.04.2017).
8. **Nikonova, S.** (2014). Taastuvate energiaallikate arengut soodustavad ja takistavad tegurid Eesti näitel. (Magistritöö). Tartu Ülikooli majandusteaduskond. Tartu.
9. Paigaldus- ja kasutusjuhend (2016). Agrosec Vulcan bio kuivatikatel (Hipress & Vacboost) 400-800 & 1200-1600.
https://antiteollisuus.fi/sites/default/files/408103%20Agrosec%20Vulcan%20BIO%20kuivuri_uuni_et_02-2016.pdf (15.05.2017)
10. Palokärki katlamajad teraviljakuivatile <http://ee.biofire.fi/kuivaaja-pp> (05.05.2017)
11. Pedrotti xlm kuivati. http://www.deragro.hu/Pedrotti_katalogus.pdf
(16.05.2017)
12. Puiduhake.Hakkepuut <http://puiduhake.com/teenused/hakkepuut/> (18.04.2017)
13. **Põlevkivi kasutamise riiklik arengukava 2016-2030.** (2015). Tallinn:
Keskkonnaministeerium.
https://www.riigiteataja.ee/aktiis/3180/3201/6002/RKo_16032016_Lisa.pdf (20.04.2017).
14. **Pärnsalu, K.** (2016). Võimalused hakkpuidu tootmiseks erametsades. (Bakalaureusetöö). Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu.

15. RMK, hinnastatistika <https://www.rmk.ee/puidumuuk-1/puidumuuk>
16. **Schäfer, W., Froripp, J., Ahokas, J.** (2012). Energia põllumajanduses. Tartu.
17. **Sommer, L.** (2016). Ülevaade kohalikule kütusele üleminekust ja selle kasutamisest Põlvamaa soojamajanduses. (Bakalaureusetöö). Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu.
18. **Tooming, A.** (2001). Biokütused - energiavõsa kasvatamine ja kasutamine kütteks. Tartu Ülikool. Tartu
19. **Velling, S., Vaasma, T.** (2012). Energiaallikas põlevkivi.
<https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/27643/index.html> (20.04.2017).
20. Õli tootmine – Eesti Energia. <https://www.energia.ee/et/tehnoloogia/oli-tootmine> (21.04.2017).

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks (avaldamise tähtajatu piirang) ning juhendkinnitus töö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, _____,
(*autori nimi*)

sünniaeg _____,

1) annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on _____,
(*juhendaja(te) nimi*)

salvestamiseks säilitamise eesmärgil, sh digitaalarhiivis DSpace säilitamise eesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2) olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3) kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(*allkiri*)

Tartu, _____
(*kuupäev*)

Juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.

Luban lõputöö kaitsmisele.

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)